

塑性混凝土防渗墙抗渗性能检测探讨

许文峰¹, 周 杨^{2,3}

(1. 河南东龙控股有限公司, 河南 郑州 450000; 2. 黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003;
3. 黄河水利委员会基本建设工程质量检测中心, 河南 郑州 450003)

摘要:介绍了塑性混凝土防渗墙抗渗性能常用原位试验及数据处理方法, 结合工程基于钻孔常水头注水试验记录, 利用常水头注水试验法、围井注水试验法分别进行了两种计算方式的塑性混凝土防渗墙渗透系数的计算, 并对结果进行了比较分析, 指出了各种试验方法、数据处理方法的特点及其适用范围。

关键词:塑性混凝土; 防渗墙; 渗透系数; 注水试验; 检测

中图分类号:TV223.4⁺2

文献标志码:A

文章编号:1006-7647(2012)S2-0089-03

塑性混凝土防渗墙作为软基防渗处理、堤坝加固的新技术、新工艺被广泛运用。由于塑性混凝土防渗墙的主要功能是防渗, 原位试验测定墙身的渗透系数对评价塑性混凝土防渗墙的抗渗性能质量具有十分重要的意义。试验结果的合理准确与否将直接关系到工程的验收与稳定运行。

原位试验方法测得的渗透系数值为整个渗流区较大范围内渗透系数的平均值, 是比较可靠的测定方法。原位注水试验有多种, 选用何种注水试验才能有效、快速、便捷地测出渗透系数对实际工程有着很重要的意义。为控制防渗墙的施工质量开展了墙体渗透性检测, 鉴于压水试验对塑性混凝土防渗墙的潜在破坏可能, 钻孔降水头试验法和常水头试验法对抗渗性能较好的工程对象的检测结果基本在同一个数量级^[1]等实际情况, 本文对钻孔常水头注水试验法、围井注水试验法的特点及适用范围作一比较, 以供参考。

1 原位测试方法

1.1 钻孔常水头注水试验^[2]

用带水表的注水管或量筒向套管内注入清水, 使管中水位保持在管口, 测出管口水位高出地下水位的水头 H 。试验时, 先按 5 min 的时间间隔连续量测 5 次; 以后每隔 20 min 量测 1 次, 并至少测 6 次; 当连续两次测定的注入流量之差不大于最后一次注

入流量的 10% 时, 视为流量稳定, 即可终止观测。采用下述方法确定试验土层的渗透系数。

a. 当试段位于地下水位以下时应采用式(1)计算渗透系数:

$$K = \frac{16.67Q}{AH} \quad (1)$$

式中: K 为试验段的渗透系数, cm/s; Q 为注入流量, L/min; H 为试验水头, cm; A 为形状系数, cm, 按 SL345—2007《水利水电工程注水试验规程》附录 B 选用。

b. 当试段位于地下水位以上, 且 $50 < H/r < 200$, $H \leq l$ 时, 采用式(2)计算渗透系数:

$$K = \frac{7.05Q}{lH} \lg \frac{2l}{r} \quad (2)$$

式中: r 为钻孔内半径, cm; l 为试段长度, cm。

1.2 围井注水试验^[3]

围井检查法主要用于高喷墙, 该方法通过建造与被检查墙体技术条件应一致的围井边墙, 对悬挂式高喷墙围井底部和顶部进行封闭, 最后形成一个仅有四周围井墙体渗水的腔体。腔体的平面面积在砂土、粉土层中不宜小于 3 m^2 , 在砾石、卵(碎)石层中不宜小于 4.5 m^2 。利用腔体做注水或抽水试验, 或在围井中心处钻孔, 做注水或抽水试验, 最终按式(3)计算墙体渗透系数:

基金项目: 水利部科技推广计划(TG1116); 水利部公益性行业专项(200901053); 水利标准化工作资助项目(1261120162509, 1261120162510)

作者简介: 许文峰(1974—), 男, 河南新乡人, 高级工程师, 硕士, 主要从事工程建设管理工作。

通讯作者: 周扬(1974—), 男, 河南信阳人, 高级工程师, 主要从事工程质量与安全管理。E-mail: zzhouyang@163.com

K = 2Qt / (L(H + h_0)(H - h_0)) (3)

式中：K 为渗透系数，m/d；Q 为稳定流量，m³/d；t 为高喷墙平均厚度，m；L 为围井周边高喷墙轴线长度，m；H 为围井内试验水位至井底的深度，m；h₀ 为地下水位至井底的深度，m。

2 工程实例

2.1 工程概况

某水利枢纽工程为Ⅱ等工程，工程规模为大(2)型，主要由河床电站、泄洪闸、土石坝等建筑物组成。由于坝址为软土地基，采用塑性混凝土防渗墙解决地基和坝肩的渗透稳定问题，塑性混凝土渗透系数设计指标见表1。

表1 塑性混凝土设计参数

名称	技术指标	名称	技术指标
墙深	30~40 m	渗透比降	≥60
墙宽	60 cm	弹性模量	≤1500 MPa
渗透系数	n×10 ⁻⁶ cm/s	抗压强度	≥4.0 MPa

2.2 注水试验

为便于工程现场开展检测，钻机利用清水每钻进5 m后，清除孔底沉渣使其不厚于10 cm，然后采用钻孔常水头注水试验法，以套管管口为控制水位进行注水试验过程的控制和记录。共开展了7个孔位的实验研究。

2.3 渗透系数计算

a. 常水头注水试验法，严格按照SL345—2007《水利水电工程注水试验规程》规范的规定，结合式(1)、式(2)进行渗透系数的计算。

b. 围井注水试验法，利用常水头注水试验的记录，结合防渗墙墙体钻孔的实际情况，对围井计算模型进行简化。当钻孔达到某个深度并开展常水头注水试验时：以钻孔圆心为中心截取边长为60 cm的正方形为围井截面，其中钻孔为非围井部分，此时围井平均墙厚为24.5 cm，轴线总长142 cm，如图1(b)所示；此时假定围井顶部(防渗墙顶部)、钻孔孔底为相对隔水层。则有关式(3)的所有的计算参数均被确定，但考虑到防渗墙轴线方向的两个截面未发生渗漏，将利用式(3)计算得到的渗透系数乘以系数2后作为墙体的实际渗透系数。

c. 两种计算方法各采用两种数据处理方式：①注水试验每5 m的整数倍进行一次，可进行“孔口-孔底”整段的渗透系数计算；②考虑到钻孔常水头注水试验的结束条件是被评价测段渗透稳定的控制条件，可利用注水量减除的办法实现分段计算，结合本实验即每5 m分别计算，如利用0~15 m的注水

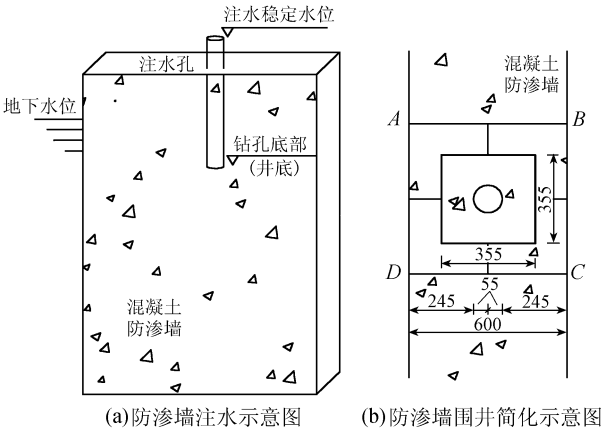


图1 防渗墙注水试验

量减除0~10 m的稳定渗流量，即可计算10~15 m的渗透系数。

基于常水头注水试验法、围井注水试验法，采用“孔口-孔底”整段计算方式得到的结果分别见表2和表3，采用“每5 m一段”的计算方式得到的结果分别见表4和表5。

表2 基于常水头注水试验法的“孔口-孔底”

计算渗透系数								10 ⁻⁷ cm/s
钻孔桩号	计算测段							
	0 ~ 5 m	0 ~ 10 m	0 ~ 15 m	0 ~ 20 m	0 ~ 25 m	0 ~ 30 m	0 ~ 35 m	0 ~ 40 m
0-055.78	21.4	27.9	40.6	55.2	75.7	83.6		
0+092.80	20.3	31.7	46.8	66.8	81.9			
0+122.90	32.3	43.8	72.7	97.5	118.3	138.5		
0+127.90 ^①	24.2	109.1	174.0	194.2	210.2	255.4		
0+280.50 ^②	521.1	420.7	447.6	466.6	494.0	513.5		
0+307.70	63.2	59.4	78.2	90.3	97.6	106.7	109.1	
0+384.90	22.9	31.5	39.5	62.2	71.8	111.7	129.4	160.9

注：① 9.5~11.3 m 夹砂；② 3.2~4.9 m 夹砂。下同。

表3 基于围井注水试验法的“孔口-孔底”

计算渗透系数							10 ⁻⁷ cm/s	
钻孔桩号	计算测段							
	0 ~ 5 m	0 ~ 10 m	0 ~ 15 m	0 ~ 20 m	0 ~ 25 m	0 ~ 30 m	0 ~ 35 m	0 ~ 40 m
0-055.78	16.6	8.8	7.8	7.6	8.0	7.2		
0+092.80	14.8	10.8	10.0	10.2	9.8			
0+122.90	23.2	13.2	13.6	13.0	12.4	12.0		
0+127.90	16.2	33.8	32.8	26.2	22.2	22.2		
0+280.50	370.6	133.8	85.6	63.8	52.6	44.8		
0+307.70	39.0	19.8	14.4	12.0	10.2	9.2	8.0	
0+384.90	19.2	10.6	7.8	8.8	7.8	9.8	9.6	10.4

3 数据分析

基于“孔口-孔底”为计算段，利用两种方法计算得到的渗透系数分布区间统计详见表6，基于“每5 m分段”为计算段，利用两种方法得到的渗透系数分布区间统计详见表7。

对表2、表3 桩号0+127.90和0+280.50两个孔位处计算数据和现场实际情况分析：基于“孔口-孔底”

表 4 基于常水头注水试验法的“每 5 m 分段”								
计算渗透系数							10 ⁻⁶ cm/s	
钻孔桩号	计算测段							
	0 ~ 5 m	0 ~ 10 m	0 ~ 15 m	0 ~ 20 m	0 ~ 25 m	0 ~ 30 m	0 ~ 35 m	0 ~ 40 m
0-055.78	2.1	1.0	1.3	1.5	2.1	0.8		
0+092.80	2.0	1.8	1.8	2.3	1.8			
0+122.90	3.2	1.6	2.9	2.5	2.1	2.4		
0+127.90	2.4	9.0	6.5	2.0	1.6	4.5		
0+280.50	52.0	2.7	7.6	1.9	2.7	2.0		
0+307.70	6.3	1.0	1.9	1.2	0.7	0.9	0.2	
0+384.90	2.3	1.5	0.8	2.3	1.0	4.0	1.8	3.2

表 5 基于围井注水试验法“每 5 m 分段”								
计算的渗透系数							10 ⁻⁷ cm/s	
钻孔桩号	计算测段							
	0 ~ 5 m	0 ~ 10 m	0 ~ 15 m	0 ~ 20 m	0 ~ 25 m	0 ~ 30 m	0 ~ 35 m	0 ~ 40 m
0-055.78	16.6	3.2	2.4	2.0	2.2	0.6		
0+092.80	14.8	5.2	3.2	3.0	1.8			
0+122.90	23.2	4.8	5.4	3.4	2.2	1.8		
0+127.90	16.2	28.0	12.2	2.8	1.6	4.0		
0+280.50	370.6	8.8	5.2	2.6	3.0	1.8		
0+307.70	39.0	3.0	3.4	1.6	0.8	0.8	0.2	
0+384.90	19.2	4.8	1.6	3.2	1	3.6	1.4	2.0

表 6 “孔口-孔底”整段计算渗透系数			
数值分布区间统计			段
试验方法	10 ⁻⁵ cm/s	10 ⁻⁶ cm/s	10 ⁻⁷ cm/s
常水头	18	26	
围 井	2	29	13

表 7 “每 5 m 分段”计算渗透系数				段
数值分布区间统计				
试验方法	10 ⁻⁵ cm/s	10 ⁻⁶ cm/s	10 ⁻⁷ cm/s	10 ⁻⁸ cm/s
常水头	1	39	4	
围井	1	8	31	4

整段计算时,两种方法计算的防渗墙各段渗透系数受集中透水段的影响非常大,会导致集中透水段以下的各段渗透系数明显偏大。说明基于“孔口-孔底”整段计算渗透系数的计算方法对于有集中渗漏情况存在的注水试验不适用。排除上述两处孔位的数据,对渗透系数分布重新进行统计,结果见表 8。

表 8 “孔口-孔底”整段计算渗透系数数值			
分布区间重新统计			段
试验方法	10 ⁻⁵ cm/s	10 ⁻⁶ cm/s	10 ⁻⁷ cm/s
常水头	7	25	
围 井		19	13

结合表 7 和表 8,基于“孔口-孔底”整段计算时,常水头注水试验法计算的渗透系数集中在 10⁻⁵ cm/s 和 10⁻⁶ cm/s 数量级;围井注水试验法渗透系数集中在 10⁻⁶ cm/s 和 10⁻⁷ cm/s 数量级,后者比前者小一个数量级。基于“每 5m 分段”计算时,常水头注水试验法渗透系数集中在 10⁻⁶ cm/s 数量级;围井

注水试验法渗透系数集中在 10⁻⁷ m/s 数量级,后者比前者小一个数量级。两种检测方法的两种计算方式得到的结果基本都满足设计要求。

4 结 论

- 利用钻孔常水头注水试验法、围井注水试验法得出的防渗墙墙体渗透系数有很好的相关性。
- 当防渗墙墙体有较大的集中渗流时,集中渗流会带入后续测段的计算评价,此时防渗墙渗透性能评价以分段计算分析为宜。
- 钻孔常水头注水试验法适用于半无限地质体的渗透系数的测试,用于薄壁防渗墙的渗透系数测试得到的是防渗墙墙体与周围高透水性材料的综合的渗透系数。
- 围井注水试验法考虑到了被检测墙体的厚度,更符合工程实际情况。
- DL/T 5200—2004《水电水利工程高压喷射灌浆技术规范》未就注水实验过程做出详细的规定。另外本分析在利用该规范围井渗透系数计算方法时,对防渗墙及其注水试验进行了简化和假定,这些简化和假定是否合适有待进一步研究。

参考文献:

[1] 沈建. 常水头与变水头注水试验的对比分析[J]. 江苏水利,2003(12): 28-29.

[2] SL345—2007 水利水电工程注水试验规程[S].

[3] DL/T 5200—2004 水电水利工程高压喷射灌浆技术规范[S].

(收稿日期:2012-07-21 编辑:熊水斌)

(上接第 83 页)

由于检测现场条件复杂,在探地雷达使用过程中不可避免会有干扰因素的存在,尤其对于非屏蔽天线来说,干扰更大一些,如何正确识别干扰,从而得到正确的分析结果至关重要。探地雷达依然是一种正在不断发展的无损检测技术,对不良地质状况的探测效果良好,但准确率不可能达到百分之百,对雷达图像的解释还需要积累大量的实际经验^[4]。

参考文献:

[1] 李大心. 探地雷达方法与应用[M]. 北京:地质出版社, 1994:110.

[2] 邓中俊,姚成林,贾永梅,等. 探地雷达在水工隧洞质量检测中的应用[J]. 水利水电技术,2008,39(10):108-109.

[3] 房纯纲,姚成林,贾永梅,等. 堤坝隐患及渗漏无损检测技术与仪器[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010:55-56.

[4] 董延朋,孔祥春,秦月涛. 地质雷达在水库防渗墙检测中的应用[J]. 地质装备,2005,6(4):26-28.

(收稿日期:2012-07-10 编辑:熊水斌)